

Interactive image-guided surgical system.

Patent Number: ☐ EP0427358, B1

Publication date: 1991-05-15

Inventor(s): MACIUNAS ROBERT J (US); ZINK MARTIN R (US); ALLEN GEORGE S (US); EDWARDS II CHARLES A (US); GALLOWAY ROBERT L JR (US)

Applicant(s): MACIUNAS ROBERT J (US); ZINK MARTIN R (US); ALLEN GEORGE S (US); EDWARDS II CHARLES A (US); GALLOWAY ROBERT L JR (US)

Requested Patent: ☐ JP3168139

Application Number: EP19900250267 19901019

Priority Number(s): US19890433347 19891108

IPC Classification: A61B6/00; A61B19/00

EC Classification: A61B6/12, A61B19/00N, A61B19/00M

Equivalents: AU2745192, AU632633, AU6590790, AU664863, BR9005637, CA2029401, DE69026196D, DE69026196T, ES2085885T

Cited patent(s): WO8809151; GB212371

Abstract

An interactive system for guiding the use of a surgical tool uses at least one imaging technique, such as CT scanning. A mechanical arm has a fixed base at a first end and a tool holder that holds the surgical tool at a second end. A display displays one or more images from the image space of a patient's anatomy. A computer is coupled to the display and the mechanical arm. The computer tracks the location of the surgical tool through physical space, performs a transforming rotation of the physical space to the image space, and causes the display to display the location of the surgical tool within the image space.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

⑫ 公開特許公報(A)

平3-168139

⑬ Int. Cl.

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成3年(1991)7月19日

A 61 B 19/00
17/36
19/00

3 5 0

C 7437-4C
7916-4C
Z 7437-4C

審査請求 未請求 請求項の数 26 (全 17 頁)

⑮ 発明の名称 対話的イメージガイドの手術システム

⑯ 特 願 平2-303753

⑰ 出 願 平2(1990)11月8日

優先権主張 ⑱ 1989年11月8日 ⑲ 米国(US) ⑳ 433,347

⑳ 発 明 者 ジョージ・エス・アレ アメリカ合衆国、テネシー州 37205、ナツシュビル、ウ
ン エストビュー・アベニュー 628

㉑ 出 願 人 ジョージ・エス・アレ アメリカ合衆国、テネシー州 37205、ナツシュビル、ウ
ン エストビュー・アベニュー 628

㉒ 出 願 人 ロバート・エル・ギヤ アメリカ合衆国、テネシー州 37221、ナツシュビル、イン
ロウエイ・ジュニア ディアン・スプリングス・ドライブ7736

㉓ 出 願 人 ロバート・ジェイ・マ アメリカ合衆国、テネシー州 37215、ナツシュビル、チ
シウナス ッカリング・ウツズ・レーン 6320

㉔ 代 理 人 弁理士 鈴江 武彦 外3名

最終頁に続く

明 細 書

1. 発明の名称

対話的イメージガイドの手術システム

2. 特許請求の範囲

(1) 第1の端部に固定された基板と、第2の端部で手術用具を保持する用具ホルダとを有する機械アームと、

患者の解剖体のイメージ区域からの少なくとも1つのイメージをディスプレイするディスプレイと、

ディスプレイおよび機械アームに結合されており、物理的区域での手術用具の位置を追跡し、物理的区域の回転をイメージ区域の回転へ変換し、そして前記ディスプレイにイメージ区域内の手術用具の位置をディスプレイさせるコンピュータとを具備する、少なくとも1つのイメージ技術を使用して手術用具の使用をガイドする対話的システム。

(2) 前記機械アームがジョイントと、前記基板に対する前記ジョイントの動きを電気的にコー

ド化するための手段とを有し、コード化するための前記手段は前記コンピュータに結合されて前記ジョイントの電気的にコード化された動きを前記コンピュータに提供する請求項1記載のシステム。

(3) 前記ジョイントの動きを電気的にコード化するための手段が光エンコーダである請求項2記載のシステム。

(4) 前記機械アームの各自由度に対して1つずつの光エンコーダが提供される請求項3記載のシステム。

(5) 前記機械アームが消毒可能である請求項1記載のシステム。

(6) イメージ区域からの前記イメージがラスタイメージである請求項1記載のシステム。

(7) イメージ区域の複数のイメージが、異なるイメージ技術によって提供されるイメージと共に前記ディスプレイによってディスプレイされる請求項1記載のシステム。

(8) 前記複数のイメージの内の1つがイメージ区域のグラフィック表示である請求項7記載の

システム。

(9) 表面に固定可能である基板と、

前記基板に結合された第1の対のジョイントと、

第1の端部で第1の対のジョイントに結合され、
前記第1の対のジョイントによって提供される2
つの自由度を有する第1のアームリンクと、

前記第1のアームリンクの第2の端部に結合さ
れた第2の対のジョイントと、

第1の端部で第2の対のジョイントに結合され、
前記第1および第2の対のジョイントによって提
供される4つの自由度を有する第2のアームリン
クと、

前記第2のアームリンクの第2の端部に結合さ
れた第3の対のジョイントと、

前記第3の対のジョイントに結合され、前記第
1、第2、第3の対のジョイントによって提供さ
れる6つの自由度を有する用具ホルダと、

他のジョイントに相対的なあるジョイントの動
きを電氣的にコード化し、そしてジョイントの動
きの量および方向を示す信号を生成する、各ジョ

- 3 -

である請求項13記載のアーム。

(16) 前記ジンバルジョイントと前記第1およ
び第2のアームリンクとがステンレススチールか
ら作成される請求項10記載のアーム。

(17) 前記アームが消毒可能である請求項9記
載のアーム。

(18) 前記用具ホルダが異なったタイプの手術
用具を保持するように適合された請求項9記載の
アーム。

(19) イメージ技術を使用して患者の解剖体の
部分を走査することと、

走査のステップの結果を使用して患者の解剖体
内に内部基準点を位置付けることと、

操作可能な関節接合されたアーム上の手術用具
の端部チップを前記内部基準点との既知の關係に
位置付けることおよびコンピュータにおける初期
設定をノートすることによって、前記端部チップ
を初期設定することと、

区域での手術用具の端部チップの動きをコンピ
ュータで追跡することと、

- 5 -

イントに結合された個々のエンコーダとを具備す
る、人間の操作者によって操作可能であり、その
アームの動きがアームに結合されたコンピュータ
によって追跡できる機械アーム。

(10) 前記ジョイントがジンバルジョイントで
ある請求項9記載のアーム。

(11) エンコーダが光エンコーダである請求項
9記載のアーム。

(12) 光エンコーダがジンバルジョイント内に
取り付けられる請求項11記載のアーム。

(13) 各光エンコーダが光エンコーダを駆動す
る歯車を有し、各ジンバルジョイントが、ジンバ
ルジョイントに結合され且つ光エンコーダの歯車
を駆動する歯車を有し、ジンバルジョイントの歯
車および光エンコーダの歯車がバックラッシュを
防止するための角度で係合する請求項12記載のア
ーム。

(14) 前記角度が6°である請求項13記載のア
ーム。

(15) 前記歯車が4分の1ピッチのスーパー歯車

- 4 -

走査された部分に対する手術用具の端部チップ
の位置を実時間でディスプレイすることを含む手
術手順の実行方法。

(20) 内部基準点として働くように患者の解剖
体内に基準挿入管を挿入することをさらに含む請
求項19記載の方法。

(21) 追跡ステップが、アーム内のジョイント
の動きをコード化することと、そのコード化され
た動きをコンピュータに送ることとを含む請求項
20記載の方法。

(22) 基準挿入管に基いた内部座標系を創設す
ることを含む請求項21記載の方法。

(23) 前記アームの固定された基板に関連する
外部座標系を創設することをさらに含み、前記基
板の区域内の位置は前記端部チップの初期設定の
際に記憶される請求項22記載の方法。

(24) 複数のイメージ技術を使用して患者の解
剖体の部分を走査することをさらに含む請求項23
記載の方法。

(25) 複数の各イメージ技術からのイメージを

- 6 -

同時にディスプレイすることをさらに含む請求項24記載の方法。

(28) 異なったタイプの手術用具によって前記アーム上の手術用具を置換することをさらに含む請求項25記載の方法。

3. 発明の詳細な説明

【発明の目的】

（産業上の利用分野）

本発明は手術の手順で外科医を対話的にガイドするためのシステムに関する。さらに特に、外科医を手術の手順でガイドするために患者の身体の解剖体に関係するイメージ導出されたデータを直観的に使用できるようにしたハードウェアおよびソフトウェアの統合システムに関する。

（従来の技術）

医者が人間の身体の高忠実度の画像を得ることができる、十分に公知である診断上のイメージ技術がいくつか存在する。健康な組織を冒す手順なしに解剖体の断面の（断層写真的な）画像を提供するイメージシステムは、コンピュータ断層写真

- 7 -

構造に関連して手術用具を配置することによって、そしてこの取り付けられた構造に相関する対象となる内部の解剖学的領域の位置を知ることによって、対象となる解剖学的領域に関連する手術用具の位置がわかるであろう。

これらの構造に関する問題は、それらのサイズおよび経路のような通常の日常動作へのそれらの干渉、という点である。その構造は長時間（例えば12時間以上）にわたって使用されないで、かなりの時間間隔にわたって採られたイメージ成いは解剖体内の特定の箇所の位置の比較は実用的でない。

（発明が解決しようとする課題）

それ故に、手術用具の操作の際に外科医をイメージシステムで特定化された正確な位置にガイドするであろう対話的システムが必要である。

【発明の構成】

（課題を解決するための手段）

このおよび他の要求は、対話的イメージガイドの手術システムのために構造を提供する本発明に

- 9 -

(CT) X線イメージャ (Imager) と磁気共鳴 (MR) イメージャとを含んでいる。

定置技術に関連した問題は、各イメージ処理がイメージ装置内の患者の位置に敏感であることである。それ故に各イメージのセットは別々の独特の配置を有する。したがって、異なった時刻に同じ様相から形成されたイメージおよび基本的に同じ時刻にであるが異なったイメージ様式（例えばCTおよびMRI）から形成されたイメージは一点一点ベースで比較されることはできない。これはイメージ内の区域の正確な比較を妨げる。

外科医はまたイメージ区域に対する場所の差を処理する。例えば、神経外科医は自分の手術用具の位置をある解剖学的標識点に留意することで知ることができるとしても、彼はイメージ上に認識できる病変に留意することでは必要な正確さで用具の位置を知ることができない。頭部のような身体の部分に外科的に取り付けられた比較的大きな留め金状構造を臨時に取り付けることによって、この問題を解決するための試みが為された。この

- 8 -

によって満足される。本発明によるシステムは、患者の解剖体内に内部座標系を形成する。内部座標系は外部座標系に関連して、例えば内部座標系内の既知の基準点のところに手術用具の端部チップを配置することによって、配置される。内部座標系の位置が外部座標系に関連して知られると、手術用具は外部か或いは内部かの座標系内のどこへでも動かすことができ、そしてその位置は非常に正確に知られるであろう。

本発明はまた、手術用具がイメージガイドシステム内で使用するためにそこに取り付けられるアームにも関する。アームは位置エンコードを保持するので、アームが動くときに、アームに取り付けられた手術用具の位置は内部座標系に関連して常に知られるであろう。

（実施例）

本発明は、人間の解剖体内に固定された3次元内部座標系を形成する。内部座標系は、本発明を使用して解剖体の部分に3つ或いはそれ以上の基準挿入管を添付することにより解剖体内に創設さ

- 10 -

れる。基準挿入管は数ヶ月のような比較的長期間にわたって互いの区域的関係を変化させない箇所添付される。

第1a図および第1b図には解剖体内の基準挿入管の配置の例が示されている。これらの図面では、基準挿入管10a、10b、10cが頭骨18の3つの分離し間隔をおいて配置された位置に挿入される。

これら3つの基準挿入管10a乃至10cは非同一線上になる方法で配置されるので、これらの基準挿入管10a乃至10cを含む平面が形成される。平面が形成されると3次元座標系が形成される。身体内のいかなる箇所も内部座標系の中にあるであろう。

基準挿入管が示されてはいるが、対象となる範囲に関連して添付されたいかなる3点でも内部座標系を形成するために使用される3点を構成することができる。しかし、CTイメージャおよびMRIイメージャのような異なったイメージシステムによって確認および計測され得る基準挿入管

- 11 -

患者が異なった位置に置かれる理由が何であれ、解剖体内の固定され、完全に形成された内部座標系を利用することによって、第1のイメージセッション内の3つの基準挿入管10a乃至10cによって形成された平面の位置および方向は、第2のイメージセッションの時間に3つの基準挿入管によって形成された同じ平面の位置および方向と比較されることができる。デカルト座標系は3つの独立した回転によって整列される。1つのデカルト座標系を別のデカルト座標系に移行することは公知の技術であり、現代のコンピュータによって容易に実行できる。解剖体に対する内部座標系を形成しそして1つのデカルト座標系から別のデカルト座標系への回転による変換を実行する手配の例は、1987年11月10日に出願された米国特許第119,853号明細書“Method and Apparatus for Imaging the Anatomy (解剖体をイメージするための方法および装置)”に記載されており、そしてここで引例として明白に組み込まれている。

内部座標系が創設されると、外部座標系もまた

- 13 -

10a乃至10cが好ましい。基準挿入管10a乃至10cは比較的小さく目立たないので、たとえ患者が比較的長時間挿入管10a乃至10cを装着していたとしても、患者が不快感や挿入管を装着しているという自意識を感じることはないであろう。

公知のイメージ技術を使用する走査は、患者に3つの基準挿入管10a乃至10cが装着されると実行される。内部座標系はそのとき、これら3つの基準挿入管10a乃至10cに関連して形成される。数分後か数ヶ月後かいずれにせよ引き続き走査の間、患者の位置はイメージ装置に対して変わり得る。しかし本発明を使用すると、この新しい位置はイメージ装置に対して基準挿入管10a乃至10cを配置することによって、そしてそれらの位置と予め記録された位置とを比較することによって計測されることができる。この比較技術は引き続き走査のイメージを予め記録された走査に対応する位置に再度位置付けることを可能にするので、等価のイメージのスライスが比較されることができる。

- 12 -

3つの非同一線上の基準挿入管10a乃至10cによって創設される。内部座標系および外部座標系の両者内の移動する点を見失わないために、内部座標系内の点に関してその移動する点の位置を最初に創設し、続いて外部座標系内の点の動きに追従するためのシステムのみが必要とされる。例として外部座標系内の点がレーザの端部チップであると仮定する。内部座標系および外部座標系の両者内のその端部チップの位置の追跡を継続するために、最初にレーザの端部チップが基準挿入管10a乃至10cの1つと既知の関係にする、例えば挿入管に接触する、そしてコンピュータがこの初期設定をノートする。そこで、レーザは内部および外部座標系内のどこへでも動かされるのでイメージシステムで使用されるコンピュータは端部チップの位置を追跡する。位置付けエンコーダは端部チップの位置を追跡し、そして座標系内の端部チップの動きに関連する信号をコンピュータに供給する。端部チップの元の位置がコンピュータに入力されているので、端部チップの元の(すなわち基

- 14 -

標準挿入管10a乃至10cに対しての)位置が知られており、そしてその動きが継続的に追跡されてコンピュータに供給されているので内部か或いは外部かの座標系内の端部チップの位置は常時わかるであろう。

第2図は本発明の実施例による動作環境の概略図が示されている。この図では、患者の頭骨18に挿入された標準挿入管10a乃至10cがある。イメージャ102はプログラマブルコンピュータ104と共に先に記載されたように動作する。操作者制御パネル110はプログラマブルコンピュータ104に結合され、同様に標的の座標をディスプレイする標的ディスプレイ112(放射線治療の応用において使用される)を具備するディスプレイ108もプログラマブルコンピュータ104に結合される。

外部アーム34は基板38に固定される。アーム34は、変えることができ、そして例えばレーザ、或いはポインタ、超音波装置、生検法用プローブ、放射線ビームコリメータ等のようないくつかの手術用具のどれかであり得る用具38を支持する。第

- 15 -

る端部チップ39の位置もまた常に追跡されそして知られるので、端部チップ39の配置の初期設定に続いて外部および内部座標系の両方で端部チップ39の位置は標準挿入管10と接触して追従されることができる。

アーム34を追跡する手段は十分に公知であり、そしてアーム34の種々の位置内にあり、アーム34のジョイント42の回転か或いは移動かを検知するセンサ(第2図には図示されない)によって運行される。

手術では、3つの標準挿入管10a乃至10cによって形成される内部座標系が、例えばレーザを組織を通り抜けて腫瘍まで届くように追従させることができる。イメージを生成するために使用されるイメージシステム102は、コンピュータ104およびディスプレイ108に提供されて手術用具38として使用されるアーム34およびレーザを操作する外科医をガイドするイメージデータを経続して採るために、配置される。レーザは組織を通り抜けるから、組織内の変化はイメージシステムのディ

- 17 -

2図には例示の目的のため1つのみしか示されていないが、アーム34はいくつかのジョイント42を有する。アーム34の動きはコンピュータ104によって追跡されるので、アーム34の基板38に対する用具38の位置は常に知られている。外部および内部座標系を通しての用具38の動き(外部座標系の基板38に対する)は、以下の方法を使用して正確に知られるであろう。

センサ40は用具38の端部チップ39に配置されることができる。センサ40は金属検知器或いは超音波検知器、或いは患者の中の標準挿入管10a乃至10cの位置を検知することができるなんらかの機器であり得る。もし標準挿入管10a乃至10cが頭骨18に配置されるならば、用具38の端部チップ39にあるセンサ40は頭骨18内の標準挿入管10に接触するまで外科医のガイドの下でアーム34によって動かされる。標準挿入管10による端部チップ39のこの接触はコンピュータによって認められるので、内部座標系に対する端部チップ39の最初の位置が知られる。さらに、外部座標系内の基板38に対す

- 16 -

スプレイ108内にはっきりと見えるであろうし、固定された内部座標系で追従されることができる。

第3図には、その動きが追跡されることができ、そして種々の手術用具38を保持することができる機械アームが例示されている。アーム34の基板38はある位置に取り外せるように固定される。アーム34は2つのアームリンク40A、40Bを有する。第1のアームリンク40Aは2つのジンバルジョイント42によって基板に結合される。それ故に第1のアームリンク40Aは2つのジンバルジョイント42によって提供されるような2つの度合の動きを有する。

第2のアームリンク40Bは第2のジンバルジョイント42の対によって第1のアームリンク40Aに結合される。この第2のジンバルジョイント42の対は2つの付加的な度合の動きをする第2のアームリンク40Bを提供する。それ故にアーム34のベース38に対して、第2のアームリンク40Bは4つの度合の動きを有する。

用具ホルダ44は一對のジンバルジョイント42に

- 18 -

よって第2のアームリンク40Bに結合される。用具ホルダ44はポインタ、超音波装置、手術用レーザ、生検法用プローブ、放射線ビームコリメータ等を含む異なったいくつかの用具の中のどれかを保持することができる。第3のジンバルジョイント42の対は2つの付加的な動きの度合を有する用具38を提供するので、基板36に対して用具38は6つの度合の動きを有する。

基板36に対する用具38の正確な位置付けは光エンコーダ46によって追跡されている。1つの光エンコーダ46が各ジンバルジョイント42に割り当てられる。個々のジンバルジョイント42がそのピボット軸を中心に回転するとき、光エンコーダ46はジンバルジョイント42のそのピボット軸を中心とする正確な回転量を測定する。各6つの光エンコーダ46からの情報はプログラマブルコンピュータ104に提供され、そこでそのピボット軸の周りのジンバルジョイント42の個々の回転を追跡することによって基板36に対する用具38の動きを正確に追跡することができる。

— 19 —

れる歯車50は光エンコーダ46を駆動する歯車52に約6°の角度で係合する。この角度で係合することは歯車のバックラッシュを防止するので、光エンコーダの正確な読み出しが確実にされる。

操作の間に、3つの個々のラスタイメージおよびグラフィックイメージがビデオディスプレイ108に同時にディスプレイされて、外科医に正確な空間的位置付けを確実にさせる。異なった各ラスタイメージは異なったタイプのイメージ技術によって供給されることができる。例えばビデオディスプレイスクリーン108上に同時に供給される3つの異なったラスタイメージは、CT、MRI等のような3つの異なったイメージ様式から得ることができる。その代わり単一のイメージ様式からの多くのスライスが、異なったイメージ様式からの同じスライスの代わりに同時にディスプレイされることができる。本発明の特徴は実時間で行われるイメージのディスプレイを提供するので、イメージスライスは外科医が手術中にアーム34を動かすにつれて変化することである。

— 21 —

第3図の実施例に見られるように、光エンコーダ46はジンバルジョイント42内に配置されることができるようなサイズである。これは非常にコンパクトなアーム構造とジンバルジョイント42の位置付けの正確なエンコードを可能にする。アーム構造全体34は殺菌されることができ、そして例えばステンレススチールから作成することができる。さらにアーム34を操作し易くおよび使用し易くするために、アーム34は従来の方法で平衡錘で釣り合わされている。

ジンバルジョイント42のピボット軸を中心とする回転或いは傾斜に関する情報を計測しおよびフィードバックする他の手段が使用されることができるが、Heldenhain或いはITEXによって生産され市場で入手可能なもののような光エンコーダが適切である。上述したように、光エンコーダ46はジンバルジョイント42内に適合するようなサイズである。

第4図には、光エンコーダ46の取り付けの詳細が示されている。ジンバルジョイント42に結合さ

— 20 —

アーム34は基準挿入管10a乃至10cと共に使用されることができるよう記載されてきたが、内部基準点を確認できる限りはアーム34はまた他の現存する定位法的位置測定(stereotactic localization)システムおよびフレームと共に使用されることもできる。先に述べたように、確認できる内部基準点は内部および外部座標系の中でアーム34を位置付けるために使用される。

第5図乃至第18図は本発明のシステムで使用されるソフトウェアの種々のフローチャートを示す。第1のソフトウェアのフローチャートは第5図に示されており、対話的イメージガイドの手術システムの主プログラムを記載する。主プログラムはスタート200から始まり、そしてグラフィックボードはステップ201で初期設定される。マウスはステップ202で初期設定され、システムの不実行はステップ203で設定される。患者の情報はステップ204でスクリーン上にディスプレイされ、患者の名前およびIDナンバーを含む患者に関する入力はステップ205で提供される。

— 22 —

決定ステップ206では患者がローカルデータベースに入っているかどうかを確定する。もし患者がローカルデータベースに入っているならば、患者の情報と利用可能なイメージとのセットがステップ207でディスプレイされる。その点で、その手順が動作前手順か動作中手順かが決定される(ステップ208)。もしそれが動作中手順ならば、動作中ソフトウェアがステップ209で利用される。

もし患者がローカルデータベースに入っていないならば、決定ステップ210でこれが新しいセッションなのかどうか確定される。もしそれが新しいセッションならば、患者の情報が収集されて(ステップ211)そして動作前ソフトウェアがステップ212で利用される。もしそのセッションが古いセッションならば、保存記録情報が入力されて(ステップ213)その保存記録情報がローカルデータベースにコピーされる。プログラムは、患者の情報と利用可能なイメージとのセットがディスプレイされるステップ207から進む。動作前ソフトウェア212および動作中ソフトウェア209か

- 23 -

ウェアの第5の機能はラスタ範囲のグラフィック表示の編集である。最終的に、医者は第6の機能でラスタイメージ上の対象となる領域範囲を選択することができる。そこでこれらの範囲はグラフィックイメージのセットに転送される。これらの6つの機能に関するフローチャートは第6図乃至第11図に示されている。

第6図は動作前ソフトウェア212の包括的なフローチャートを示す。動作前ソフトウェア212の第1のステップは動作前メニューをディスプレイすることである。I/O源はステップ215内のマウス或いはキーを使用してその間で選択される。メニューからは、6つの機能216乃至221の内の1つが選択され実行されるか或いは出口222が選択される。メニューの出口222から、決定ステップ223でグラフィックモデルが作られてしまっているかどうか確定される。もし作られていたならば、ディスプレイ108上の患者の情報のスクリーンへのリターン224へ進む。もしグラフィックモデルが作られていないならば、次に確定ステッ

- 25 -

ら、別の患者を処理するかどうかを決定する決定ステップ214が入力される。もしこのセッションが終了するならば、ステップ215が入力されてセッションが終了する。もし別の患者が処理されるならば、実行ループがシステム不実行設定ステップ203に戻される。

ステップ212の動作前ソフトウェアは6つの主な機能を含む。対象となる手術の大きさを描写しているイメージスライスはシステムハードディスクに転送される。このことは、それらを記憶メディアから直接読み取るか或いはソフトウェアから転送するかを含む。別の機能はラスタイメージをディスプレイ108上にディスプレイすることである。第3の機能は、すべてのラスタイメージに対する個々の閾値およびコントラスト値を設定するための位置によってラスタデータを見直すことである。ラスタデータが適所にあると、ラスタデータのグラフィック表示が第4の機能によって生じる。この表示はワイヤフレームの或いは陰影面の或いは両方であり得る。動作前ソフト

- 24 -

プ225で軸上の走査がディスク上にあるかどうか確定される。もし軸上の走査がディスク上にあるならば、グラフィックモデルはステップ227で作られて患者の情報はスクリーンに戻される。

第7図には第1の機能、すなわちイメージのセットの付加のステップ218のためのフローチャートを示す。ステップ228ではイメージデータが転送される。確定ステップ230では、イメージが登録されているかどうかを確定する。もしイメージが登録されていないならば記憶テープは負荷される(ステップ232)、もしそれらが登録されているならばステップ234で回路網転送が行われる。ステップ232か或いは234かのいずれかから、イメージヘッダがステップ236で走査されてイメージのタイプ、その数、その位置等を確定する。ヘッダ情報はステップ238でディスプレイ108上にディスプレイされる。ステップ239では、I/O源がマウス或いはキーの間で選択される。ステップ240では、新しいヘッダのために走査されたデータ抽出される。走査のセットはステップ241で抽

- 26 -

出され、これらの走査されたセットはステップ242で配列される。走査された対はステップ243でバイト幅に圧縮され、そしてステップ244でローカルデータベースに記憶される。ステップ245では、第1の機能216が246で出されるか或いはステップ228に戻されるかどちらのときに別のイメージのセットを操作するかを決定する。

第8図は動作前ソフトウェアの第2の機能であるディスプレイイメージのセットの機能217を示す。第2の機能の第1のステップはステップ248でイメージをディスプレイするためのメニューを提供することである。1/0源はステップ249で選択される。イメージのセット全体はステップ250でそして入力251と共にディスプレイされることができ、イメージの数およびサイズはステップ252で決定される。256×256のイメージを備えたディスプレイはステップ253でディスプレイされる。その代わりとして、ステップ250でイメージのセット全体をディスプレイする代わりに、イメージのセットはステップ254でウインドウ内

- 27 -

にディスプレイされることができ。ステップ255の入力に基づいてイメージのサイズはステップ256で決定され、そのディスプレイはステップ257で必要とされるウインドウ内で512×512であり得る。第2の機能であるイメージのセットのディスプレイ217はステップ258で出される。

第9図には、第3の機能であるイメージディスプレイの調整機能のフローチャートが示されている。ステップ260は調整イメージメニューをディスプレイし、そしてステップ261は1/0源を選択する。メニューから、グレースケール(gray scale)のレベル、幅、最小値、最大値がステップ262乃至265で調整されることができ。調整後ゲージはステップ266で更新され、そしてスクリーンはメニューへのリターンによってステップ267で更新される。またメニューから、ステップ268で不服行値を復元するために選択され得るリセットステップ268が存在する。最終的にメニューから、調整イメージディスプレイ機能218からの出口270が存在する。

- 28 -

第10図は第4および第5の機能であるグラフィックモデルの作成および編集のためのフローチャートを例示する。ステップ280ではイメージのセットが入力される。ステップ281ではイメージがイメージのセットが軸上にあるかどうかで決定される。もし軸上になれば、イメージのセットが軸上に来るまでループが存在する。イメージのセットが軸上にあるとき、変化度の差が使用されて対象となる解剖体、例えば患者の頭部、の境界を決定する。決定ステップ283ではイメージの終了に対して頂点(vertex)が受け入れられるかどうかを決定する。もし頂点が受け入れられないならば、1つの頂点が選択されてそしてステップ284で調整される、さもなければこのステップ284が飛び越されてすべてのイメージがチェックされる決定ステップ285に向かう。イメージはそのとき $N = N + 1$ にまで増加され、もしすべてのイメージがチェックされないならばフローループが決定ステップ283の入力に戻される。さもなければ、決定ステップ285で決定されるようにすべてのイ

- 29 -

メージがチェックされるとき、第4および第5の機能219,220はステップ286で出される。

第6の機能である範囲221の作成は第11図のフローチャートに示されている。290では、固体目標(target solid)が開始される。ステップ291はソフトウェアへの入力としてウインドウの選択を含む。ステップ292で選択されたウインドウに結合する処理を行い、そしてステップ293ではマウス293によってラインが引かれる。ステップ294でラインは等価のスライスを含むすべてのウインドウでエンコードされる。入力マウスボタン状況がステップ295で決定される。もし左のボタンが選択されるならば、決定ステップ298に戻るループが存在する。もし中央のボタンが選択されるならば、処理ループが入力ステップ292に戻る。最終的にもし右のボタンが選択されるならば、アウトラインがステップ297で閉じられそしてステップ298で固体目標が包含される。ステップ299では、固体目標が終了し、そのときにその固体がステップ300でラベル付けされステップ301で

- 30 -

その軌道が出されるのかどうかは決定される。

第6図乃至第11図記載の上記手順およびフローチャートは動作前ソフトウェア212を記載している。以下のフローチャートは動作中ソフトウェア209を記載する。動作中ソフトウェア209はいくつかの動作中タスク(intraoperative task)および1つの真の進行中タスク(intraprocedural task)を行う。動作中タスクには、患者のデータの確認とコンピュータおよび特定の手術進行のための手術装置の準備とが含まれる。ソフトウェアは開始後光エンコードのリセットのためにチェックされる。これは、正確な角度の決定および正確な手術用具の端部箇所88の位置を確実にする。輝度およびコントラストに対してセットされるシステムディスプレイは操作室内のイメージ知覚を最大にするように変化される。グラフィックディスプレイ位置は、外科医に対して最も直観的な位置へ回すことができる。用具の端部はまた、各自由度内の角度の誤差を決定するためにキャリブレーション装置上の一連の点に接触する。

— 31 —

動作中ソフトウェア209のためのフローチャートは第12図乃至第16図に例示されている。動作中ソフトウェア209の包括的なフローチャートは第12図に示されている。第1のステップは、ステップ810で動作中メニューをディスプレイすることである。1/0源はステップ811で選択される。動作中メニューの5つの異なる機能が選択されることができる。第1の機能はスクリーンの準備812、第2の機能はアームの準備818、第3の機能はイメージディスプレイ調整機能814、第4の機能はグラフィックモデルの位置付け、第5の機能はアーム使用機能816である。動作中ソフトウェアはステップ817で出される。

第13図は、動作中ソフトウェアの第1の機能であるスクリーンの準備812を示す。第1のステップ820は、利用可能なイメージのセットおよびウインドウの割り当てをディスプレイすることである。ラスタおよびグラフィックウインドウの割り当てはステップ821で入力される。ここから、ウインドウ内の情報が更新されるか或いは機能

— 33 —

動作中にシステムによって実行されるタスクは以下の通りである。患者が配置された後、ディスプレイ108に見られるような物理的領域とイメージ領域との間の共通の点は継続的に配置される。物理的領域とイメージ領域との間の回転マトリックスは算出される。ポインタはそのとき手術区域内の対象となるいかなる位置へも動かされる。各角度エンコードの値はコンピュータ104によって読まれ、手術用具88の端部箇所89の位置は物理的領域内で算定され、そして回転マトリックスによってイメージ区域内の相当する位置に置かれる。この点はすべてのラスタウインドウ上およびグラフィックウインドウ内で同時に示される。加えて、末端のジョイントの位置が算出され、グラフィックウインドウ上に示されて位置決めで外科医を助ける。最終的に、外科医は用具88の軌道のディスプレイに切り換えることができる。これは外科医が手術的或いはイメージの区域内の対象となる箇所への最適なパスを決定することを可能にする。

— 32 —

812のスクリーンのセットがステップ823から出される。

第14図は第2の機能であるアームの準備818を示すフローチャートである。ステップ825では、アーム情報スクリーンがディスプレイ108上にディスプレイされる。手術用具の長さおよびタイプ基準点の数等を含めたアームパラメータはステップ826で入力される。情報はステップ827で更新され、決定ステップ828では出口への決定が為される。もし出ないと決定されたならば、ソフトウェアループは更新情報ステップ827の入力に戻される。さもなければ、第2の機能818がステップ829で出される。

第3の機能である調整イメージディスプレイ機能814のためのフローチャートは第9図のフローチャートと同一である。

第15図のフローチャートは、第4の機能である調整イメージディスプレイ機能815を示す。第1のステップ830では、この機能に対するメニューと位置グラフィックモデルメニューがディスプレ

— 34 —

イされている。I/O 源はステップ 331 で選択される。回転される軸の選択がそのとき為され、ステップ 332, 333, 334 では任意の X, Y, Z 軸で回転できる。回転の量はステップ 335 で入力され、そしてグラフィックモデルの位置付けはステップ 336 で更新される。ディスプレイ 108 内のメニューのディスプレイから位置グラフィックモデル機能 314 はステップ 337 で出される。

第 16 図のフローチャートはアームの使用機能 318 を記載する。第 1 のステップはアームスクリーン情報 340 をディスプレイすることである。アームハードウェアはステップ 341 で初期設定される。エンコーダはステップ 342 でゼロにされる。エンコーダはそれらのゼロの位置に動かされる。これはステップ 343 での入力である。決定ステップ 344 では、すべてのエンコーダがゼロであるかどうかはステップ 342 にループし戻されるという消極的な結果によって決定される。もしすべてのエンコーダがゼロならばステップ 345 はエンコーダのキャリブレイトするために実行される。物理

- 35 -

トルがグラフィックモデル上に引かれる。グラフィックモデル上の軌道ベクトルが引かれると、そのとき機能 316 を出さどうか再度決定される。もし出るように決定されるならば、出口ステップ 350 がそのとき履行される。もしそうでなければ、プログラムループがステップ 349 に戻されて回転マトリックスを算出する。

第 5 図乃至第 16 図に記載された上述のフローチャートは、本発明で使用されることができソフトウェアの実施例を記載している。しかし、本発明のアーム 34 を使用するためのプログラムの他の実施例が企図される。さらに、本発明 34 は基準挿入管 10a 乃至 10c を使用するように記載されてきたが、アーム 34 はまた encc の内部箇所が提供されるいかなるシステムによっても使用されることができる。

4. 図面の簡単な説明

第 1 a 図および第 1 b 図は頭部に配置された基準挿入管を有する頭部の違った見方の図、第 2 図は本発明の実施例による動作の構造図、第 3 図は

- 37 -

的区域内の、すなわち内部座標系内の、基準挿入管はステップ 346 で保全される。決定ステップ 347 では、すべての基準挿入管 10a 乃至 10c が配置されているかどうかを決定する。もし配置されていないならば、基準が用具 38 によって配置されそしてこの情報がステップ 348 で入力される。

すべての基準挿入管 10a 乃至 10c が見出されるとき、回転のマトリックスがステップ 349 で算出される。用具 38 の端部チップ 39 の位置はステップ 350 で算出される。ステップ 349 に対する入力（回転マトリックスの算出）は、用具 38 が動かされるステップ 351 で提供される。端部チップ 39 の位置がステップ 350 で算出された後、用具 38 の位置はステップ 352 で最良のラスタイメージスライス上およびグラフィックモデル上にディスプレイされる。そのとき、決定ステップ 353 で軌道モードがオンになっているかどうか決定される。もしオンでなければ、決定ステップ 354 で機能 318 を出さどうか決定される。もし軌道モードがオンであるならば、ステップ 355 で軌道ベク

- 36 -

本発明の実施例によって構成された機械アームの図、第 4 図は第 3 図のアームによって使用される光エンコーダ用歯車係合の拡大図、第 5 図は本発明の実施例による対話的イメージガイドの手術システムのためのフローチャート、第 6 図は動作前ソフトウェアのフローチャート、第 7 図は動作前ソフトウェアの第 1 の機能のフローチャート、第 8 図は動作前ソフトウェアの第 2 の機能のフローチャート、第 9 図は動作前ソフトウェアの第 3 の機能のフローチャート、第 10 図は動作前ソフトウェアの第 4 および第 5 の機能のフローチャート、第 11 図は動作前ソフトウェアの第 6 の機能のフローチャート、第 12 図は動作中ソフトウェアの機能の選択を示すフローチャート、第 13 図は動作中ソフトウェアの第 1 の機能のフローチャート、第 14 図は動作中ソフトウェアの第 2 の機能のフローチャート、第 15 図は動作中ソフトウェアの第 4 の機能のフローチャート、第 16 図は動作中ソフトウェアの第 5 の機能のフローチャートである。

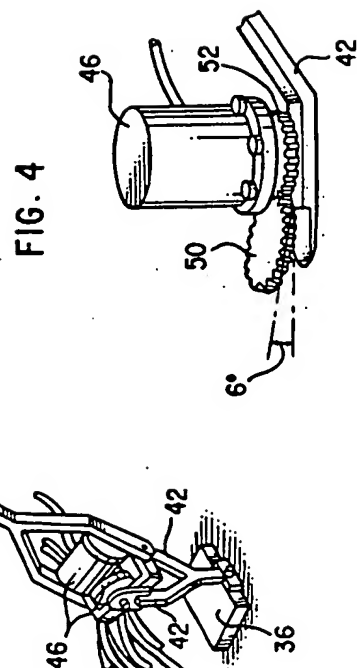
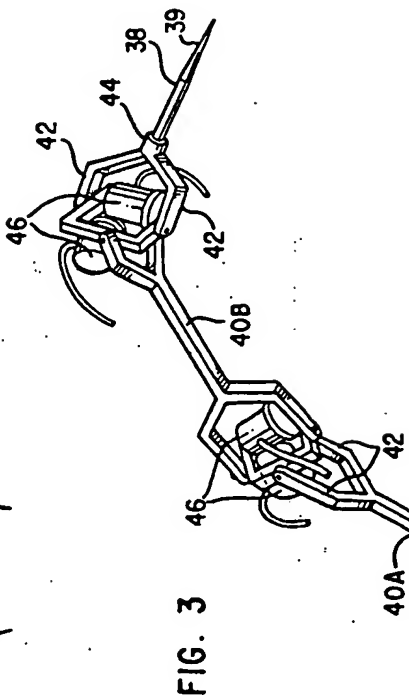
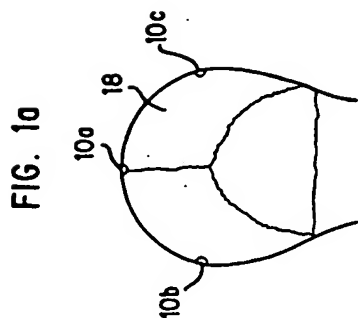
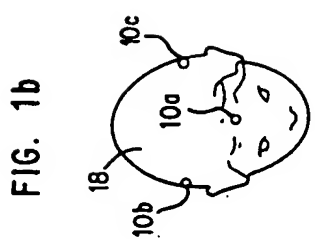
10a, 10b, 10c...基準挿入管、34...アーム、38

- 38 -

…基板、38…用員、40A、40B…アームリンク、
42…ジョイント、44…用員ホルダ、46…光エンコ
ーダ、50…歯車、104…コンピュータ、108…デ
ィスプレイ。

出願人代理人 弁理士 鈴江武彦

- 39 -



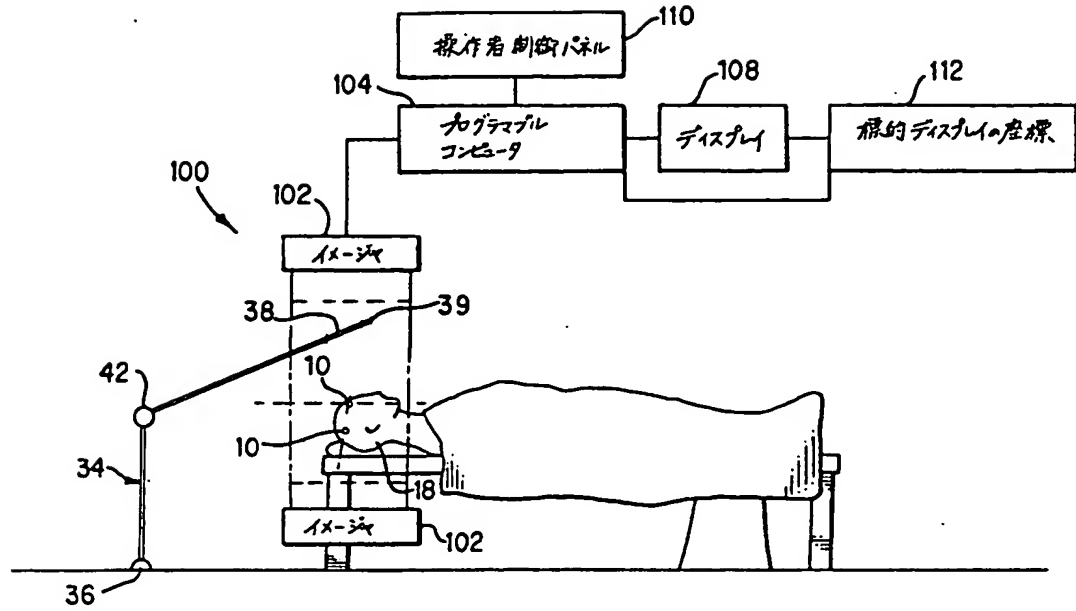


FIG. 2

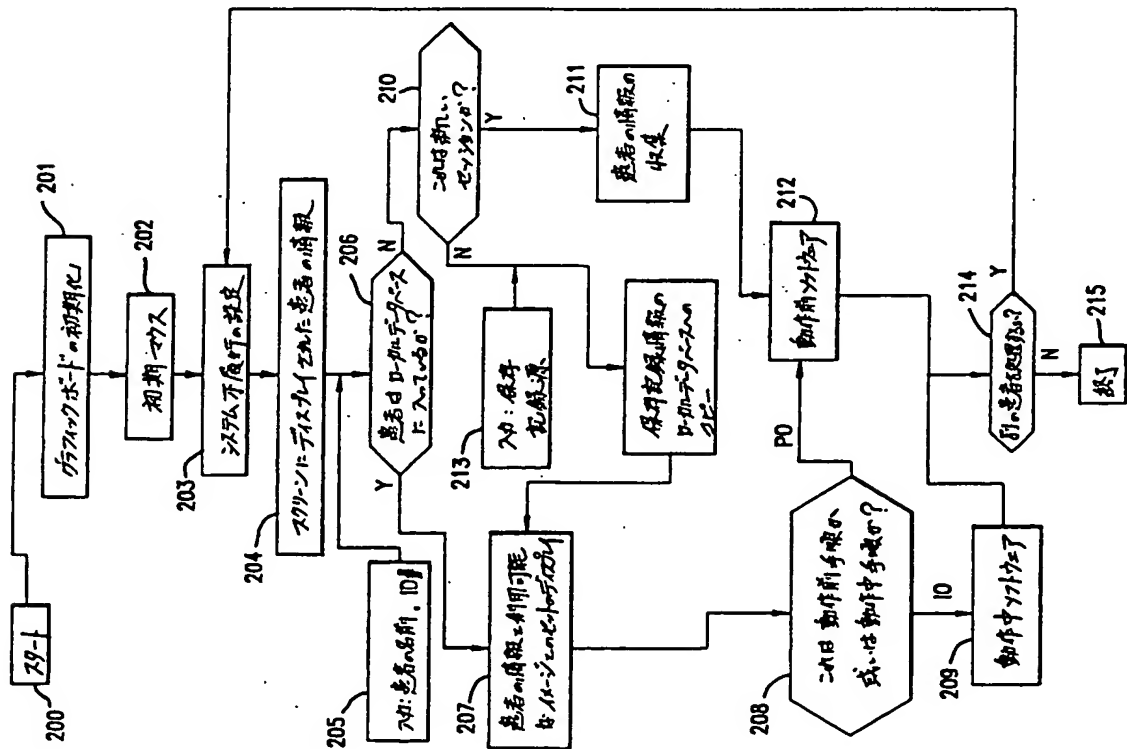


FIG. 5

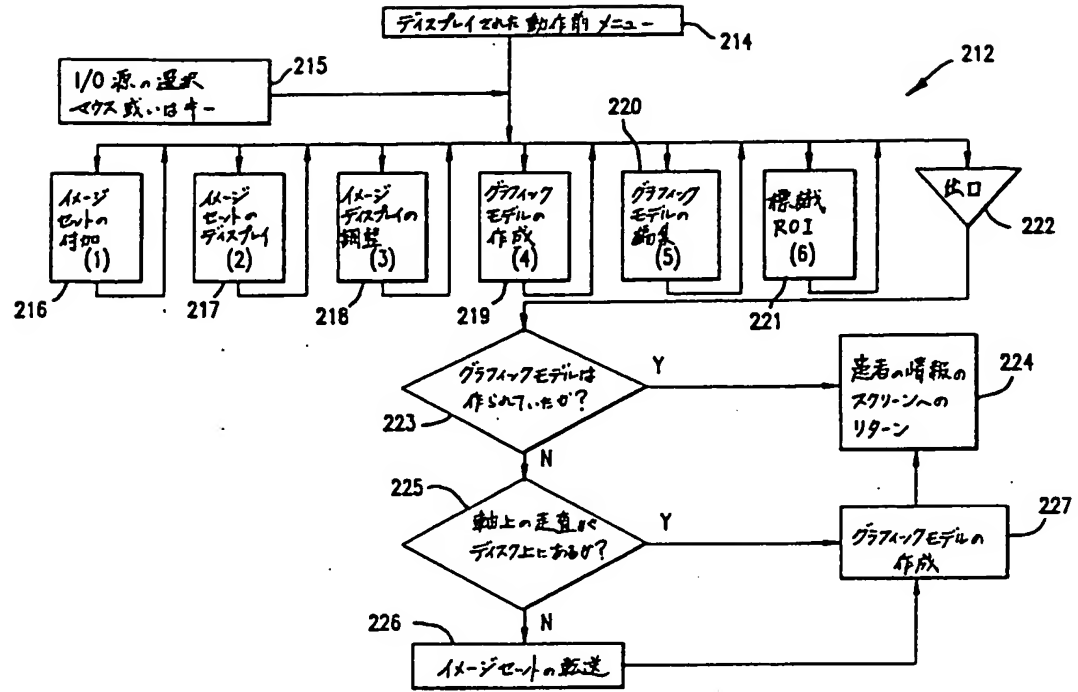


FIG. 6

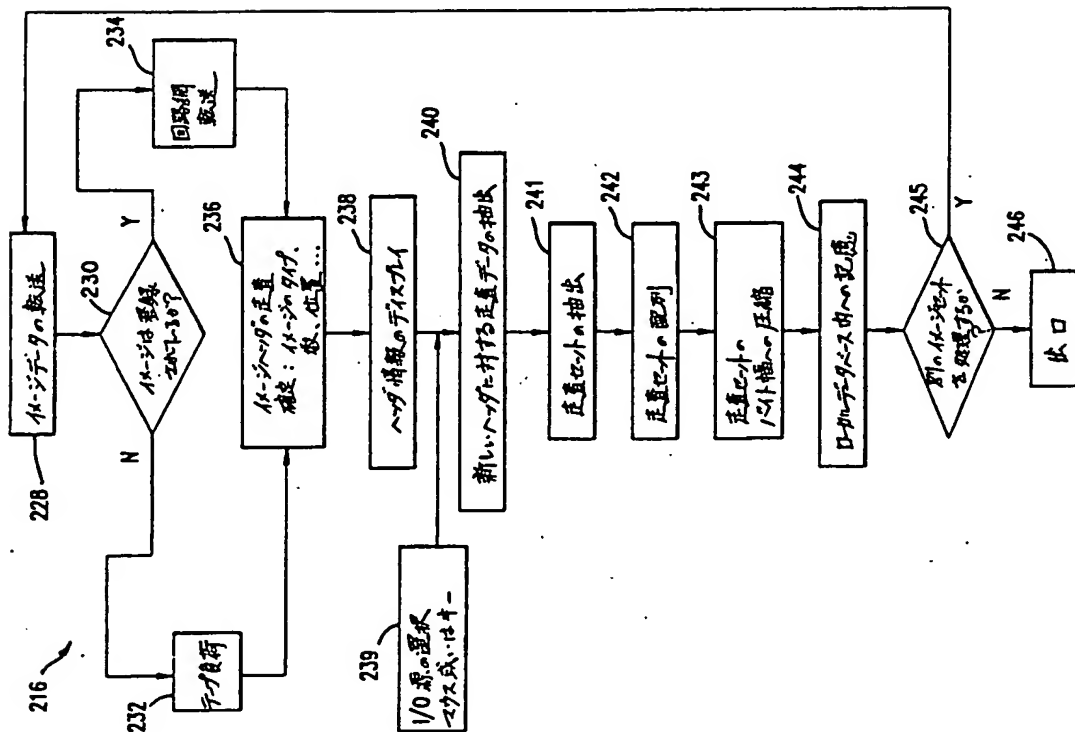


FIG. 7

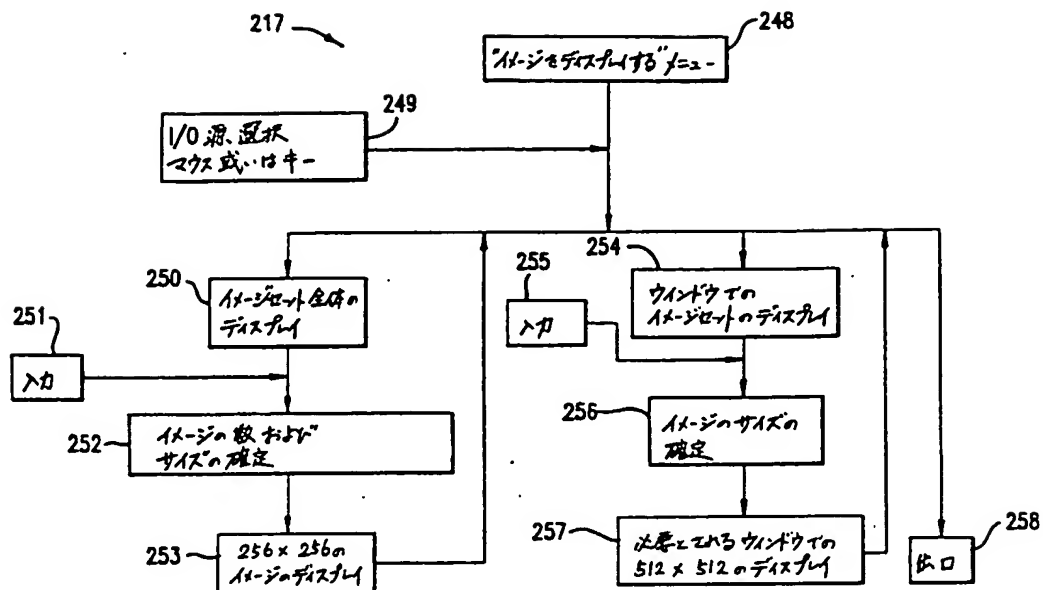


FIG. 8

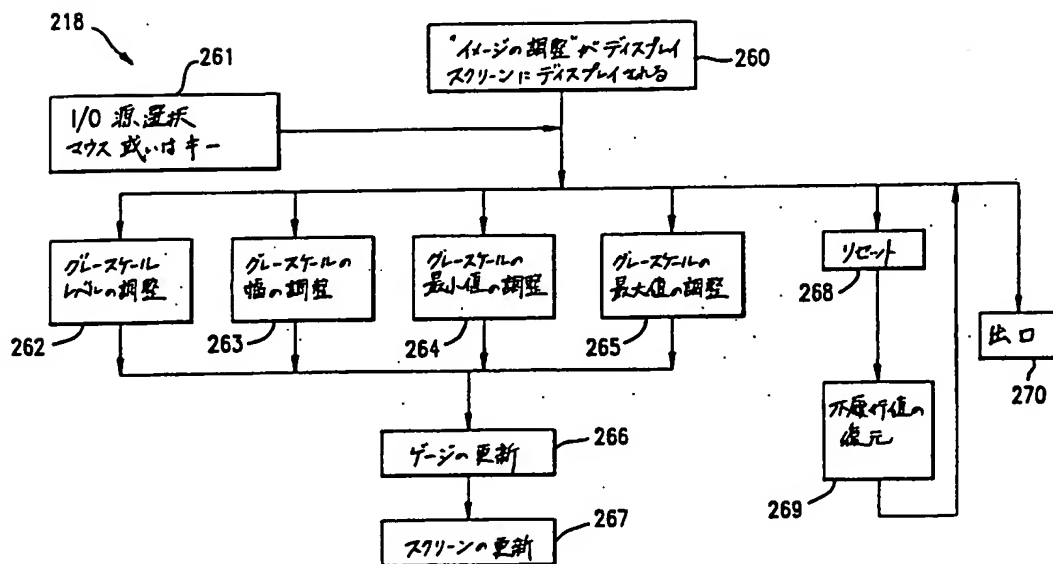


FIG. 9

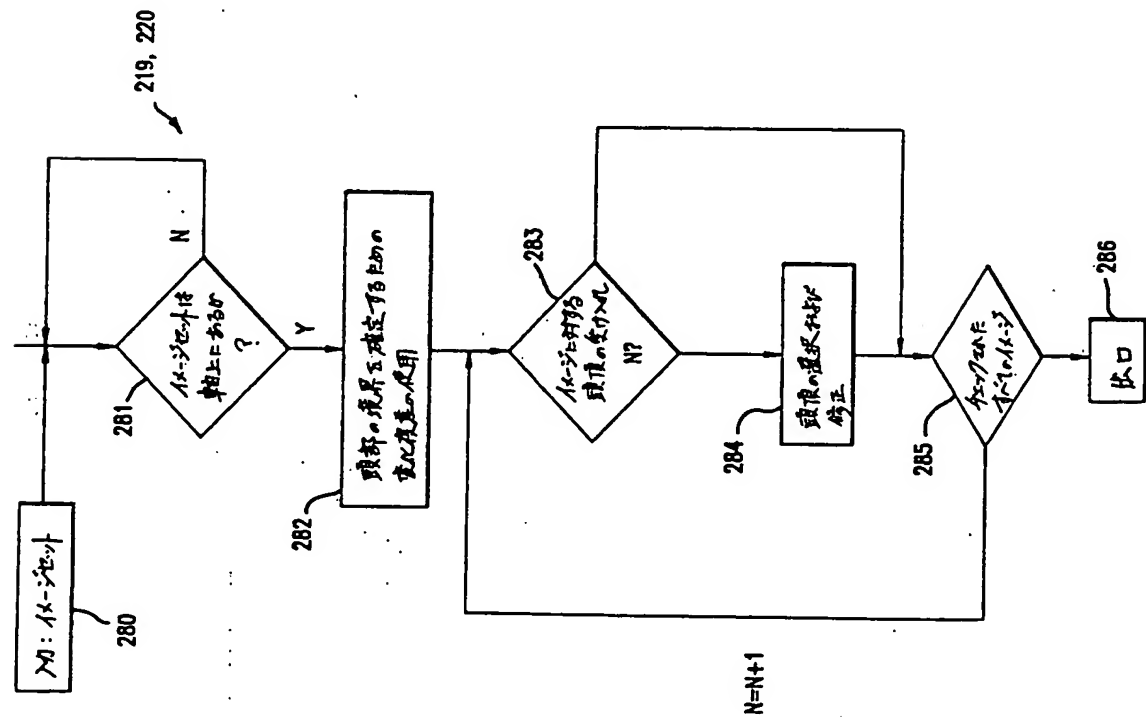


FIG. 10

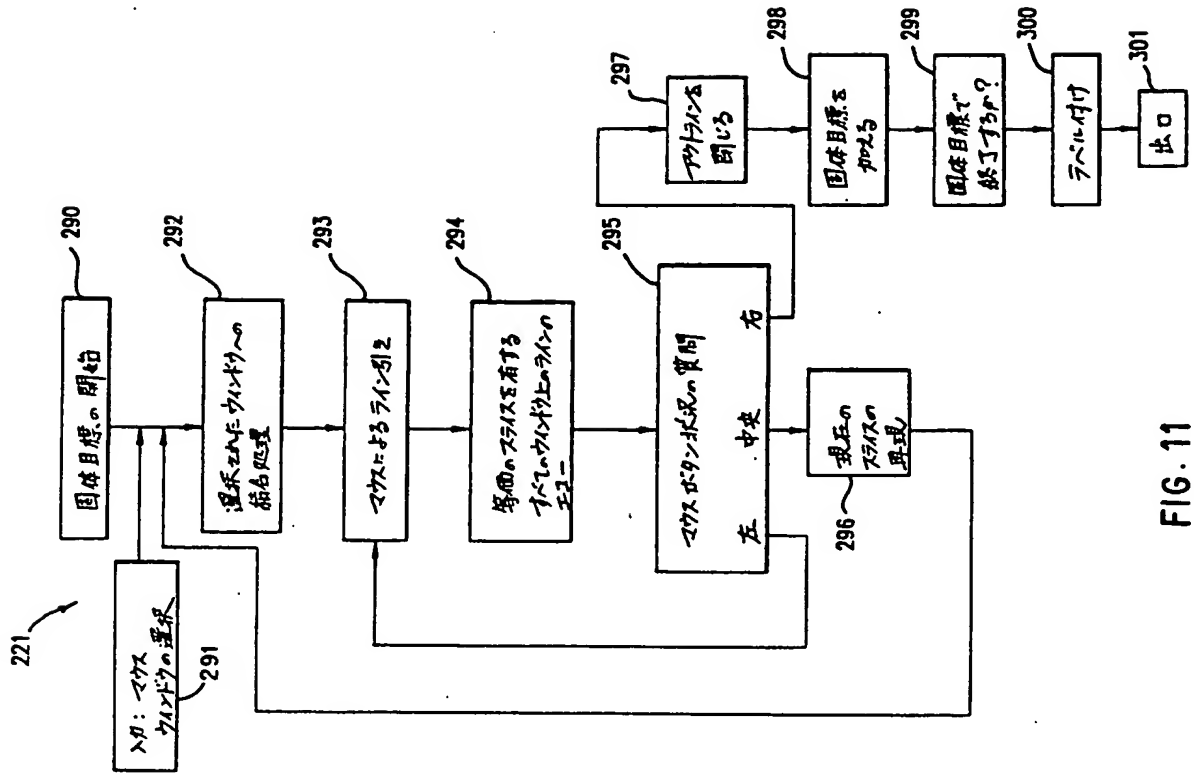


FIG. 11

FIG. 12

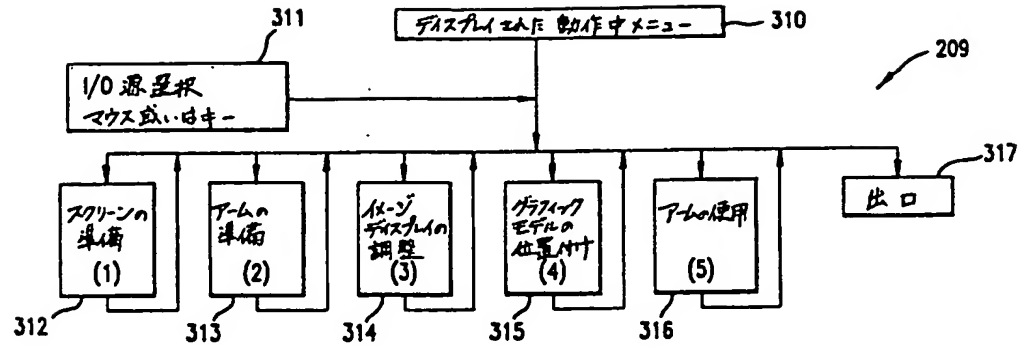


FIG. 13

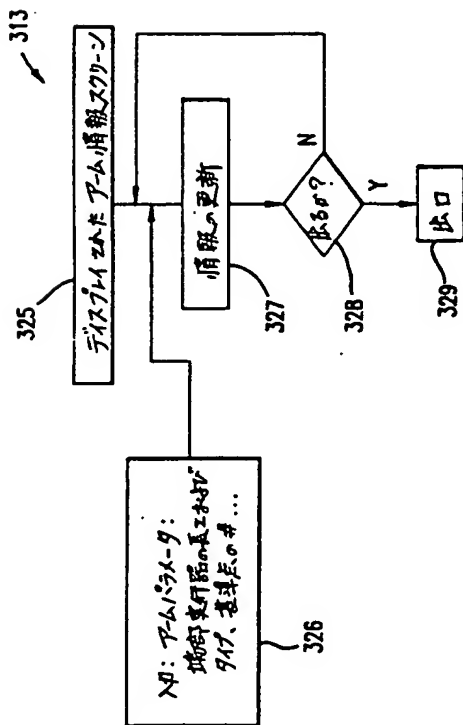
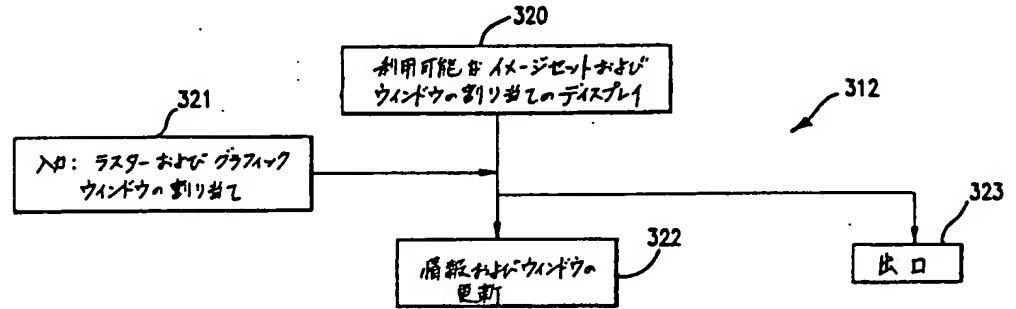


FIG. 14

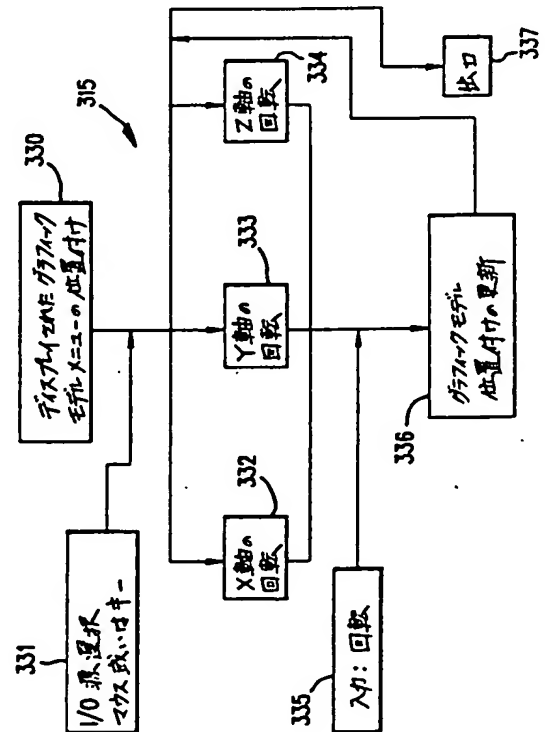


FIG. 15

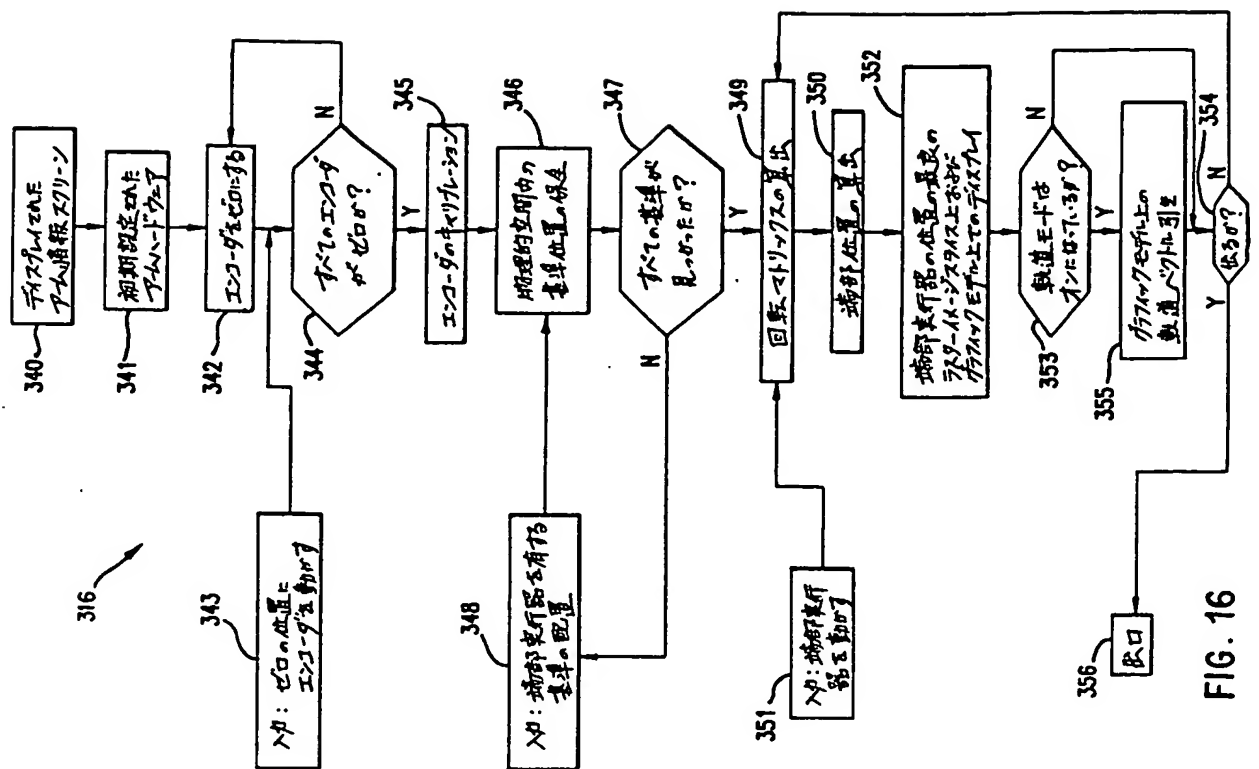


FIG. 16

第1頁の続き

⑫発 明 者

ロバート・エル・ギヤ
ロウエイ・ジュニアアメリカ合衆国、テネシー州 37221、ナツシュビル、イ
ンディアン・スプリングス・ドライブ7736

⑬発 明 者

ロバート・ジェイ・マ
シウナスアメリカ合衆国、テネシー州 37215、ナツシュビル、チ
ツカリング・ウツズ・レーン 6320

⑭発 明 者

チャールス・エー・エ
ドワーズ・ザ・セコン
ドアメリカ合衆国、テネシー州 37221、ナツシュビル、エ
リン・レーン 2316

⑮発 明 者

マーティン・アール・
ジंकアメリカ合衆国、テネシー州 37195、マディソン、パー
ウイック・トレイル 1044

⑯出 願 人

チャールス・エー・エ
ドワーズ・ザ・セコン
ドアメリカ合衆国、テネシー州 37221、ナツシュビル、エ
リン・レーン 2316

⑰出 願 人

マーティン・アール・
ジंकアメリカ合衆国、テネシー州 37195、マディソン、パー
ウイック・トレイル 1044